

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 09 MAR 2004

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 00 301.0

Anmeldetag: 02. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Sirona Dental Systems GmbH, 64625 Bensheim/DE

Bezeichnung: Verfahren zur automatischen Erzeugung
einer dentalen Suprastruktur zur Verbindung
mit einem Implantat

IPC: A 61 C 8/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierzon

A 9161
03/00
EDV-L

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

- 1 -

Beschreibung

Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur zur Verbindung mit einem Implantat

Technisches Gebiet

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur, insbesondere eines Abutments mit einer Anschlussgeometrie für ein dentales Implantat. Die Suprastruktur kann dabei ein- oder mehrteilig sein. Bei mehrteiligen Suprastrukturen für die Versorgung von dentalen Implantaten dient ein Teil der Suprastruktur, nämlich das Abutment, sowohl dem biomechanischen wie dem ästhetischen Zweck, einen Ausgleich der Winkeldifferenz zwischen Implantatachse und Okklusallrichtung herbeizuführen, um bei ästhetisch sinnvollen Lösungen eine gute
10 Übertragung der Kaukräfte auf das Implantat zu gewährleisten.
15

Die Aufgabe eines Abutments besteht unter anderem darin, auf der dem Kiefer zugewandten Seite den passgenauen Anschluss an das Implantat zu gewährleisten und auf der in
20 die Mundhöhle gerichteten Seite eine Form bereitzustellen, die mit konventioneller Prothetik versorgt werden kann. Insbesondere durch die zweite Anforderung hat sich ein stumpfartiges Aussehen der der Mundhöhle zugewandten Seite des Abutments herausgebildet. Der Stumpf berücksichtigt die
25 Zahnachse des zu ersetzenden Zahns. Diese Achse ist besonders bei Molaren (Backenzähne) senkrecht zur Okklusallfläche der Zähne angeordnet.

Stand der Technik

Die Formen individueller Abutments wurden bisher vom Zahn-
30 techniker oder vom behandelnden Zahnarzt festgelegt. Im be-

- 2 -

kannten Stand der Technik werden dabei nur Standard-
Abutments verwendet. Um den Winkel zwischen Implantatachse
und Okklusion auszugleichen, sind allerdings Standard-
Abutments mit festen Kippwinkeln auf dem Markt erhältlich.

5 Das in der EP 1 062 916 A2 vorgestellte Verfahren beruht
darauf, dass in einen konventionellen Abdruck ein sogenann-
tes Manipulier-Implantat eingebracht wird und damit auf dem
Modell eine Situation hergestellt wird, wie sie im Mund des
Patienten nach dem Einbringen des Implantats vorliegt. Die-
10 se klinische Situation wird dann mit Hilfe eines Scanners
vermessen mit dem Ziel, Abutments und gegebenenfalls einen
dazugehörigen zweiten Teil der Suprastruktur herzustellen.
Zur Vermessung wird ein Hilfselement verwendet. Mit diesem
Verfahren werden die Arbeiten, die der Zahntechniker auch
15 heute schon nach dem Stand der Technik ausführen muss, un-
ter Einsatz eines Rechners weitergebildet, d.h. basierend
auf einem digitalisierten 3D-Modell werden die auszuführen-
den Zwischenstufen Modellation von Abutment, Gerüst und
Verblendung im Rechner ausgeführt, um schließlich die benö-
20 tigten Suprastrukturen mit Hilfe einer rechnergesteuerten
Schleifmaschine herzustellen. Man spricht hier von einem
CAD/CAM-Prozess.

Aus der US 5 989 029 und aus der US 6 231 342 ist bekannt,
aus mehreren Vermessungen in unterschiedlichen Richtungen
25 durch Veränderung eines Standard-Abutments ein individuel-
les Abutment zu berechnen. Allerdings ist auch hier nach
wie vor noch die Erstellung eines Abdrucks erforderlich.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, dass die Form des
individuellen Abutments unter Berücksichtigung der gegebe-
30 nen Randbedingungen automatisch erstellt werden soll.

Für die Funktion und Ästhetik der Suprastruktur ist dabei neben der äußeren Gestaltung der Krone unter Berücksichtigung der Okklusion auch die Festlegung des Ausgleichswinkels zwischen Implantat- und Zahnachse von Bedeutung.

5

Darstellung der Erfindung

10

Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Das Verfahren zur automatischen Erzeugung einer mehrteiligen Suprastruktur, insbesondere eines Abutments mit einer Krone, zur Verbindung mit einem Implantat anhand einer digitalen Modellbeschreibung der Form umfasst ein Erfassen der klinischen Situation oder einer gestalteten klinischen Situation des Implantats als digitale Daten, eine Analyse dieser Situation und Bestimmung der Implantat-achse, eine Berechnung der optimalen Form der Suprastruktur, und ein Herstellen der Einzelteile mit einer Bearbeitungsmaschine aus einem oder mehreren Rohlingen aus einem beliebigem Material anhand der digitalen Daten.

20

Die klinische Situation entspricht der tatsächlichen Situation im Patientenmund. Die gestaltete klinische Situation unterscheidet sich dadurch, dass Maßnahmen ergriffen wurden wie Modellierung des Zahnfleisches durch Aufwachsen oder Festlegen eines Zahnfleischverlaufs anhand eines Datensatzes.

25

30

Hierdurch ist es möglich, bei der Berechnung der Außenkontur der zweiteiligen Suprastruktur auch bereits die Verbindungsstelle zwischen dem ersten Teil und dem zweiten Teil einzubeziehen. Als erstes Teil kommt dabei insbesondere ein Abutment, als zweites Teil eine Krone in Betracht. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Trennung der Suprastruktur in Abutment und Krone und die Formgebung des Abutments automatisch vorgenommen. Dabei wird die optimale in-

dividuelle Form des Abutments unter Berücksichtigung von geometrischen, klinischen, materialtechnischen und fertigungstechnischen Aspekten automatisch erzeugt.

5 In der Regel werden die verschiedenen Teile der Suprastruktur aus unterschiedlichen Rohlingen hergestellt. Unter Umständen ist es aber möglich, einen einzigen Rohling für die Herstellung des ersten und zweiten Teils der Suprastruktur zu verwenden.

10 Gemäß einer Weiterbildung wird eine Passung zwischen dem digital vorliegenden ersten Teil der Suprastruktur einerseits und dem digital vorliegenden zweiten Teil der Suprastruktur andererseits bestimmt und bei der Herstellung berücksichtigt.

15 Vorteilhafterweise ist die übrige Form der Suprastruktur durch mindestens zwei der nachfolgenden Eigenschaften Schulterbreite, Neigungswinkel der Suprastruktur gegenüber der Längsachse des Implantats, Drehwinkel der Suprastruktur um die Längsachse im Rohling und Stumpfhöhe beschrieben.

20 Der Verlauf des Randes der Suprastruktur ist derart, dass er innerhalb des verwendeten Rohlings liegt. Als Rand wird dabei die Trennlinie zwischen einem oberen Teil der Suprastruktur, beispielsweise einer Krone und einem unteren Teil der Suprastruktur, beispielsweise einem Abutment bezeichnet. Dieser Rand sollte aus ästhetischen Gründen auf dem
25 oder unterhalb des Zahnfleischrands liegen. Der Rand der Suprastruktur wird der von einer vorgegebenen klinischen Situation oder aus einer gestalteten klinischen Situation gewonnen.

30 Unter dentaler Suprastruktur werden alle Bauteile verstanden, die direkt auf einem Implantat befestigt werden können.

nen. Dies sind insbesondere Abutments, aber auch Teleskope und anderes.

Die Beschreibung der Form oder des Randes erfolgt dabei in Form digitaler Daten als Linie, Flächen oder Punktwolken, aber auch parametrisch. Die Form der gesamten Suprastruktur kann ebenfalls digital dargestellt werden als bestehend aus Randlinien, als Oberfläche, als Punktwolke, und/oder als parametrische Beschreibung. Beispielfhaft ist hier die Darstellung mit einer Randlinie und einem Parametersatz gewählt.

Gemäß einer Weiterbildung wird die Form eines Abutments optimiert bezüglich einer oder mehrerer oder aller der folgenden Parameter, nämlich Mindestmass für die Schulterbreite, maximale Stumpfhöhe begrenzt durch Neigungswinkel gegenüber der Okklusallrichtung, Blockgeometrie und Höhe der Okklusallfläche, wobei die maximale Stumpfhöhe so bemessen ist, dass sie um ein Höchstmass unterhalb der Höhe der Okklusallfläche liegt, minimale Stumpfhöhe, welche durch die Lage des Kopfes einer Okklusalschraube begrenzt ist, Drehwinkel des Abutments um die Längsachse im Rohling, der sich aus der relativen Lage des Implantats in der klinischen Situation ergibt.

Diese Optimierung erfolgt automatisch anhand der vorliegenden digitalen Daten durch eine geeignete Software und das Ergebnis sind digitale Daten, die das herzustellende Abutment beschreiben. Diese Daten können auf geeignete Weise zu Kontrollzwecken sichtbar gemacht werden, beispielsweise durch Anzeige eines dreidimensionalen Modells auf einem Bildschirm.

Vorteilhafterweise ist die Form des Rohlings und die Form der dentalen Suprastruktur im Koordinatensystem der An-

schlussgeometrie an das Implantat beschrieben. Die Anschlussgeometrie an das Implantat ist eine fixe Geometrie, die sowohl im Implantat als auch im Rohling und in der herzustellenden Suprastruktur zu finden ist und in großer Fertigungsgenauigkeit vorliegt. Durch diesen Umstand entfällt eine Umrechnung zwischen verschiedenen Koordinatensystemen bei deren geschickter Wahl. Allgemein reicht aber bereits irgendein bekanntes Koordinatensystem aus, welches beispielsweise durch die Vermessung festgelegt wird.

10 Vorteilhafterweise kann in besonders problematischen, d.h. uneindeutigen Fällen die Bestimmung der Implantatachse interaktiv mit dem Benutzer erfolgen.

Weitere Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

15 Kurzbeschreibung der Zeichnung

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigt die

Fig. 1 ein Schemabild für eine zweiteilige Suprakonstruktion für ein dentales Implantat, die

20 Fig. 2a,b eine klinische Situation mit zwei im Kiefer eingebetteten Implantaten, die

Fig. 3 die Anordnung eines herzustellenden Abutments in einem Rohling, die

Fig. 4 eine klinische Situation während der Vermessung, die

25 Fig. 5 eine Berechnung der Suprastruktur für die klinische Situation gemäß Fig. 4, die

Fig. 6a-d Beispiele für die Zerlegung der Suprastruktur in mehrere Teile, die

Fig. 7a,b ein Ausführungsbeispiel für Konuskronen in zwei Ansichten.

Ausführungsbeispiel

In Fig. 1 ist eine aus einer Krone 1 und einem Abutment 2 bestehende zweiteilige Suprastruktur eines Implantats 3 schematisch dargestellt. Die Einschubrichtung der Krone 1 wird durch eine Achse 4 angedeutet.

Die Lage des Implantats 3 im Kieferknochen wird durch eine weitere Achse 5 dargestellt. Die Achsen 4 und 5 sind nur in seltenen Fällen übereinstimmend, da die Einbaulage des Implantats innerhalb der klinischen Situation patientenabhängig ist und unter Berücksichtigung einerseits des Knochenangebots und andererseits der vorhandenen Zähne festzulegen ist. Diese Größen sind entscheidend für die fachgerechte Position und Orientierung des Implantats hinsichtlich der späteren mechanischen Festigkeit beim Kauen. Die Lage des Implantats mit seiner Achse 5 kann deshalb von der Lage der ursprünglichen Zahnwurzel abweichen.

Das Abutment 2 ist über eine Anschlussgeometrie 6 mit dem auf Kieferknochen-Niveau befindlichen Ende des Implantats 3 unter Ausbildung eines Formschlusses verbunden. Die ideale Abutmentform erweitert sich von der Anschlussgeometrie zum Implantat ausgehend so, dass sie ca. 1 mm unterhalb des Zahnfleisches (Gingiva) mit dem Abutmentrand 7 einen Zahnquerschnitt formt.

Oberhalb des Abutmentrandes 7 formt sie eine umlaufende Schulter 8, auf der sich die Krone 1 abstützt. Diese Schulter 8 ist breit genug, um sicherzustellen, dass die Wandstärke der Krone den materialbedingten Mindestwert nicht unterschreitet. Die Schulter 8 geht über in einen schlanke-

Dieser Stumpf 9 zeigt in die durch die Achse 4 angegebene
Einschubrichtung. Im idealen Fall gleicht das Abutment 2
durch seine Form den als Kippwinkel bekannten Winkel zwi-
schen der Achse 5 des Implantats und der Einschubrichtung
5 derart aus, dass die Krone 1 in okklusaler Richtung entlang
der Achse 4 aufgesetzt werden kann (siehe hierzu Fig. 3).

Anstelle der Okklusalrichtung kann auch eine beliebige an-
dere Achse herangezogen werden, etwa eine gemeinsame Ein-
schubachse des oberen Teils der zweiteiligen Suprastruktur
10 bei einer Suprastruktur für mehrgliedrigen Restaurationen.

In den Fig. 2a,b ist eine klinische Situation mit zwei im
Kiefer eingebetteten Implantaten im Längsschnitt darge-
stellt, wobei anstelle der Krone ein Gerüst 1' auf zwei A-
butments 2', 2'' aufgesetzt wird. Die Implantate 3', 3''
15 weisen Achsen 5', 5'' auf die zueinander windschief sein
können (dargestellt in Fig. 2b). Die Abutments 2', 2'' wei-
sen jedoch Einschubachsen 4', 4'' auf, die zueinander pa-
rallel sind. Die Implantate 3', 3'' sind im Kieferknochen
22 verankert und erstrecken sich bis zum Zahnfleisch 23.

20 Ein ideales Abutment weist außerdem einen als „Verdreh-
schutz“ ausgebildeten Querschnitt auf, der verhindert, dass
sich die aufgesetzte Krone gegen das Abutment verdrehen
lässt.

Die äußere Geometrie des Abutments trägt den Mindestgrößen
25 d_1 , d_2 und d_3 Rechnung, die später erläutert werden.

In Fig. 3 ist ein aus einem Rohling 11 herzustellendes A-
butment 12 schematisch dargestellt. Der Rohling 11 weist
zur formschlüssigen Verbindung mit einem Implantat 13 eine
Anschlussgeometrie 14 auf, wobei das Abutment 12 so in den
30 Rohling 11 gelegt ist, dass es die Anschlussgeometrie 14
übernimmt.

Der Rohling 11 enthält eine Bohrung 15 zur Aufnahme einer Befestigungsschraube an dem Implantat. Die Bohrung 15 ist im Ausführungsbeispiel konzentrisch zu einer Mittelachse 16 des Implantats 13. Die Mittelachse 16 des Implantats 13
5 gibt aber hauptsächlich die Richtung der Befestigung an der Anschlussgeometrie 14 vor.

Der Rohling 11 ist im Bereich der Anschlussgeometrie konisch ausgebildet, so dass er die Formgebung des Abutments zu einem Abutmentrand 17 hin vorzeichnet. An den Abutmentrand 17 schließt sich eine Schulter 18 an, die in einen Stumpf 19 übergeht.
10

Der Stumpf 19 ist derart in dem Rohling 11 angeordnet, dass eine die Richtung des Aufsetzens einer Krone 1 wiedergegebende Achse 20 die Mittelachse 16 in einem Winkel schneidet.
15 Grundsätzlich können die Achsen 16 und 20 auch gegeneinander windschief sein, es hat sich jedoch gezeigt, dass die Verwendung von sich schneidenden Achsen hinreichend ist.

Dabei ist sichergestellt, dass der gestrichelt dargestellte Kopf 21 einer Okklusalschraube innerhalb der Bohrung 15
20 liegt, die von der Wand des Abutments 12 begrenzt ist.

Die optimale Abutmentform variiert die ideale Abutmentform derart, dass die nachfolgend beschriebenen Randbedingungen, nämlich klinische Situation, geometrische, materialtechnische und fertigungstechnische Bedingungen erfüllt sind.

25 Die klinische Situation bestimmt die ideale Abutmentform. Neben Lage und Orientierung des dentalen Implantats wird die umgebende Zahnsituation analysiert. Aus dieser Analyse ergibt sich die Richtung der Okklusion und damit der Winkel, den das Abutment ausgleichen soll. Außerdem wird die
30 Höhe des Okklusaltableaus ermittelt.

Die Rohlinge, in der Regel Keramikblöcke, die für die Herstellung von Abutments verwendet werden, weisen bestimmte geometrische Randbedingungen auf. Aus Präzisionsgründen ist bei ihrer Herstellung die Größe und Form dieser Blöcke sehr begrenzt variierbar. Aus diesen Blöcken kann nicht jede beliebige ideale Abutmentform hergestellt werden. Unter anderem ist zu berücksichtigen, dass der Kopf 21 der Okklusalschraube komplett innerhalb der Form des Abutments 12 verschwinden soll, siehe Fig. 3.

10 Die Materialstärke des Werkstoffes und insbesondere einer Keramik für das Abutment 2 und die darauf passende Krone 1 darf bestimmte Mindestwerte d_1 , d_2 und d_3 nicht unterschreiten. Diese Wandstärken sind aber stark materialabhängig und können daher für jedes Material gesondert berücksichtigt werden.

Sind zum Zeitpunkt der Formgebung des Abutments bereits fertigungstechnische Randbedingungen bekannt, die aus der Herstellungsweise von Abutment und Krone herrühren, können auch sie einen Einfluss auf die optimale Form des Abutments haben.

Ist z.B. bekannt, dass beide Keramikformen in einer Schleifmaschine mit begrenzten Freiheitsgraden für Instrumente hergestellt werden, kann bei der Generierung der optimalen Form sichergestellt werden, dass die Form des Abutments überhaupt geschliffen werden kann. Das gilt nicht nur für die Positivform des Abutments, sondern auch für die Negativform, also für die Innenseite der Krone, welche eine Befestigungsfläche darstellt.

Um die ideale und optimale Form eines Abutments automatisch zu erzeugen, muss zunächst eine Modellbeschreibung der Form vorliegen. Dabei kann z.B. der Abutmentrand als Linie im

Koordinatensystem der Anschlußgeometrie des Implantats, die übrige Form als Parameter beschrieben sein.

Die Linie definiert den Übergang vom Abutment zur Krone und ist räumlich geschlossen. Sie liegt z.B. als Liste von
5 Punkten oder als Funktion vor. Diese Linie verläuft idealerweise aus ästhetischen Gründen etwas unterhalb des umlaufenden Zahnfleisches.

Als Parameter kommen Schulterbreite, Kippwinkel, Drehwinkel des Abutments um die Längsachse im Rohling und Stumpfhöhe
10 in Frage.

Der Rohling lässt sich ebenfalls im Koordinatensystem seiner Anschlussgeometrie, die perfekt auf die Anschlussgeometrie des Implantats passt, beschreiben. Die Form des idealen Abutmentrandes kann dann stückweise lokal angepasst
15 werden, so dass diese Linie gänzlich innerhalb der Außenkontur des verwendeten Rohlings 11 liegt.

Um das gesamte Abutment zu beschreiben, müssen dann lediglich alle Parameter auf alle Randbedingungen hin optimiert werden. Die Schulterbreite d_s beträgt bei den derzeit verwendeten üblichen Keramiken mindestens 1 mm. Die maximale
20 Stumpfhöhe h_{\max} ist durch den Kippwinkel, die Blockgeometrie und die Höhe des Okklusaltableaus 22 begrenzt und liegt mindestens 1 mm unterhalb dieser Höhe. Die minimale Stumpfhöhe h_{\min} ist durch die Lage des Kopfes 21 der Okklusalschraube nach unten begrenzt.
25

Die minimale Höhe h_{\min} und die maximale Höhe h_{\max} liegen senkrecht zu der Achse 20, welche die Richtung des Aufsetzens der Krone 1 auf den Stumpf 19 wiedergibt. Die minimale Schulterbreite d_s ist parallel zu der Achse 20 zu messen.

Der Drehwinkel des Abutments um die Längsachse im Rohling ergibt sich aus der relativen Lage des Implantats in der klinischen Situation und ist wegen der Rotationssymmetrie des Rohlings durch diesen nicht weiter begrenzt.

- 5 Durch Anwendung dieses Verfahrens lässt sich die optimale individuelle Abutmentform automatisch erzeugen und gegebenenfalls maschinell herstellen.

10 Zunächst wird die klinische Situation oder eine gestaltete klinische Situation des Implantats digital erfasst, z.B. durch eine intraorale Messkamera. Anschließend wird diese Situation unter Berücksichtigung auch der Nachbarzähne und der Lage und der Orientierung des Implantats analysiert und die Implantatachse bestimmt. Dies kann auch interaktiv geschehen. Danach liegen alle Daten vor, die für die automa-
15 tische Erzeugung einer Abutmentform benötigt werden. Mit Hilfe der oben beschriebenen Randbedingungen wird zunächst die ideale Form und dann davon ausgehend die optimale Form des Abutments berechnet.

20 Die Aufteilung in zwei Schritte ist dabei nicht zwingend notwendig, insbesondere muss der Anwender das zwischenberechnete Standardabutment nicht angezeigt bekommen. Nur aus programmtechnischer Sicht wird anhand der Randparameter wie Geometrie des Blockes und Kippwinkel der Implantatachse unter Anwendung von Konstruktionsregeln ein Standardabutment
25 berechnet und dann dieses Abutment bezüglich der gewünschten Linie angepasst.

Anschließend kann sich der Anwender der Gestaltung der Krone zuwenden.

30 Da beide Teile der Suprakonstruktion für das Implantat digital vorliegen, kann eine optimale Passung zwischen ihnen sichergestellt werden. Die Einzelteile können jederzeit mit

einer Bearbeitungsmaschine aus beliebigem Material, insbesondere aus Keramik oder Metall, aber auch aus Kunststoff hergestellt werden.

5 In Fig. 4 ist ein in einem nicht dargestellten Kieferknochen unterhalb eines Zahnfleischrandes 30 eingebrachtes Implantat 31 dargestellt. Zu beiden Seiten des Implantats 31 sind Nachbarzähne 32, 33 vorhanden, welche die seitliche Ausdehnung einer zu konstruierenden Suprastruktur begrenzen. Die in Fig. 4 dargestellte klinische Situation wird
10 dadurch gestaltet, dass im unmittelbaren Bereich des Implantats 31 der tatsächliche Verlauf des Zahnfleischrandes 30 durch ein Ausgleichsteil 34 auf einen gewünschten Verlauf gebracht wird, der zusammen mit einer am Implantat 31 angebrachten Messvorrichtung 35 über eine Intraoral-Kamera
15 36 vermessen wird. Über das Vermessungsteil 35 lässt sich auf die Lage und Orientierung des Implantats 31 schließen, das Ausgleichsteil 34 legt den Verlauf des Zahnfleisches fest.

Anhand der Vermessungsdaten kann eine in Fig. 5 dargestellte
20 te Suprastruktur berechnet werden. Aus der bekannten Okklusalfäche der Nachbarzähne wird die Größe und die Orientierung der für das Implantat benötigten Zahnkrone bestimmt. Die zervikale Bestimmungslinie eines aus einer Zahnbibliothek ausgewählten Büchereizahns wird in mesio-distaler
25 Richtung leicht unter das Niveau gelegt, das durch das Ausgleichsteil 34 gemessen wurde. Zusammen mit der bekannte Lage des Implantatkopfes wird die Zervikalfläche der herzustellenden Suprastruktur berechnet.

In Fig. 6a wird die Zerlegung der Suprastruktur in zwei
30 Teile schematisch gezeigt, wobei es sich hier um ein Abutment und eine Krone handelt, die über eine Passung, auch

als Trennfläche bezeichnet, verbindbar sind. Die Gestalt dieser Trennfläche kann vom Benutzer in Grenzen variiert werden, solange die übrigen Konstruktionsregeln beachtet werden.

5 Wesentlich ist, dass in diesem Beispiel die gesamte Suprastruktur berechnet wird und auch die Trennfläche automatisch festgelegt wird. Diese Trennfläche gestattet es dem Anwender, die Suprastruktur aus mehr als einem Körper herzustellen. Dies kann angebracht sein, weil unterschiedliche
10 Restaurationsmaterialien mit unterschiedlichen Merkmalen zum Einsatz kommen sollen bzw. kommen müssen, weil eine ästhetisch hochwertigere Gestaltung erforderlich ist oder weil die geometrischen Verhältnisse keine andere Lösung zulassen.

15 In Fig. 6b ist die Zerlegung der Suprastruktur in ein Käppchen und ein entsprechendes Abutment gezeigt, wobei das Käppchen konventionell mit Keramiken verblendet wird.

In Fig. 6c ist die Zerlegung der Suprastruktur in eine Reduzierkrone und ein Abutment der endgültigen Versorgung
20 dargestellt. Durch die reduzierte Größe liegt diese Krone außerhalb der Okklusion des gegenüberliegenden Zahns und erfährt daher keine Krafteinwirkung außer einer Restkraft beim Kauen. Dabei kann von dem Anwender die tatsächlich notwendige und funktional korrekte Krone konstruiert werden.
25 Diese Krone wird dann rechnerisch so reduziert, dass sie sicher außerhalb der Okklusion ist. Dieses Werkstück kann dann z. B. aus Kunststoff hergestellt werden. In einer zweiten Sitzung kann dann eine Krone gemäß dem Originaldatensatz ausgeschliffen und die endgültige Krone kann eingesetzt
30 werden.

In Fig. 6d ist eine Zerlegung der Suprastruktur in eine teilweise verblendbare Krone und ein Abutment gezeigt. Dabei kann sowohl die Passung zwischen Abutment und Krone als auch die Passung zwischen Krone und Verblendung unter Berücksichtigung der Konstruktionsregeln automatisch berechnet werden.

Sollen ein oder mehrere Implantate mit Teleskopen oder mit Konuskronen versorgt werden, gibt es prinzipiell zwei unterschiedliche Vorgehensweisen. Das Implantat, oder auch mehrere Implantate, wird mit einem normalen Abutment versorgt, auf dieses Abutment wird ein Teleskop-Kronengerüst gesetzt, auf das die Prothese aufgeschoben werden kann. Alternativ dazu kann das Abutment selbst als in Fig. 7a und b dargestellte Konuskrone geformt sein. In diesem Fall bildet das Abutment keinen herkömmlichen Kronenstumpf, sondern die Teleskopkrone. Seine Form kann in diesem Fall durch einen anderen Satz Parameter beschrieben werden, z.B. könnte auch hier eine Linie die Randform beschreiben, außerdem definieren Konushöhe und Konus-Winkel die Form innerhalb des Randes. Die Implantate 3', 3'' weisen Achsen 5', 5'' auf, die zueinander windschief sein können (dargestellt in Fig. 7a). Die Konuskronen 72', 72'' weisen jedoch Einschubachsen 4', 4'' auf, die zueinander parallel sind. Die Implantate 3', 3'' sind im Kieferknochen 22 verankert und erstrecken sich bis zum Zahnfleisch 23. Die Unterteilung in Abutment und Krone oder jede andere Art der Unterteilung wird dann automatisch berechnet.

Die Regeln, die es bei der Gestaltung des Abutments zu beachten gilt, sind im Rechner abgebildet und kommen bei der automatischen Aufspaltung in Abutment und Suprastruktur zur Anwendung.

Gemäß der EP 1 062 916 A2 wird sowohl für die Formgebung des Abutments wie die des Gerüsts und der Verblendung entweder ein Wax-Up oder eine Bibliothek verwendet. Verwendet man einen Wax-Up bedeutet das, dass mehrere Messaufnahmen
5 ausgeführt werden müssen, um hintereinander die Herstellung von Abutment, Gerüst und Verblendung zu ermöglichen.

Die Erfindung hingegen beschleunigt den gesamten Ablauf und trägt mit dazu bei, die Verlagerung der Technik zum Zahnarzt hin zu ermöglichen.

10 Da die heutigen Implantate, sofern sie zur Versorgung einzelner Zähne verwendet werden, nicht sofort den Kaukräften ausgesetzt werden dürfen, weil das die innige Verbindung zum Kieferknochen beeinträchtigt, verwenden die Implantat-
systeme sogenannte Einheilkappen. Nachdem das Implantat ge-
15 setzt wurde, verschließt der Zahnarzt die mechanische Kupp-
lung am Implantat mit einer Einheilkappe und näht das Zahn-
fleisch wieder komplett zu, um bei einer zweiten Operation
nach ca. 8 Wochen den Bereich der Einheilkappe wieder zu
eröffnen und dann eine prothetische Versorgung mit Abutment
20 und Suprastruktur einzuleiten. Bei anderen Systemen liegt
die Einheilkappe offen und befindet sich auf dem Niveau des
Zahnfleischs. Hier wird die Einheilkappe auch dazu genutzt,
um das Zahnfleisch so zu formen, so dass sich im Vergleich
zu den Nachbarzähnen ein natürlicher Verlauf ergibt.

25 Die Suprastruktur 1' kann mehrere Abutments aufweisen, die
durch eine gemeinsame Gerüstkonstruktion miteinander ver-
bunden sind, Fig. 2a.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur zur Verbindung mit einem Implantat anhand einer digitalen Modellbeschreibung der Form, gekennzeichnet durch
 - Erfassen einer tatsächlichen klinischen Situation oder einer gestalteten klinischen Situation des Implantats (3; 13) als digitale Daten;
 - Analyse dieser Situation und Bestimmung der Implantatachse (5; 16);
 - Berechnen der optimalen Form der Suprastruktur (1, 2);
 - Herstellen der Einzelteile mit einer Bearbeitungsmaschine aus mindestens einem Rohling (11) anhand der digitalen Daten.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Passung zwischen dem digital vorliegenden ersten Teil (1) der Suprastruktur einerseits und dem digital vorliegenden zweiten Teil (2) der Suprastruktur andererseits bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Form des mit dem Implantat zu verbindenden Teils der Suprastruktur beschrieben ist durch mindestens zwei der nachfolgenden Eigenschaften Schulterbreite, Neigungswinkel der Suprastruktur gegenüber der Längsachse (5) des Implantats (3), Drehwinkel der Suprastruktur um die Längsachse (16) im Rohling (11) und Stumpfhöhe.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und dass die Form eines Abutments (2) op-

timiert wird bezüglich einer oder mehrerer oder aller der folgenden Parameter:

- ein Mindestmass für die Schulterbreite;
- eine maximale Stumpfhöhe begrenzt durch den Neigungswinkel der Suprastruktur gegenüber der Längsachse (5) des Implantats (3), die Geometrie des Rohlings (11) und die Höhe der Okklusalfäche (22), wobei die maximale Stumpfhöhe so bemessen ist, dass sie um ein Höchstmass unterhalb der Höhe der Okklusalfäche (22) liegt;
- eine minimale Stumpfhöhe, welche durch die Lage des Kopfes einer Okklusalschraube (14) begrenzt ist;
- einen Drehwinkel des Abutments um die Längsachse im Rohling (11), der sich aus der relativen Lage des Implantats (3; 13) in der klinischen Situation ergibt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Form des Rohlings (11) und die Form der dentalen Suprastruktur (1, 2) im Koordinatensystem der Anschlussgeometrie (6; 14) an das Implantat (3; 13) beschrieben sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der Implantatachse (5; 16) interaktiv mit dem Benutzer erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und ein weiterer Teil der Suprastruktur eine Krone ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Suprastruktur ein

Abutment ist und ein weiterer Teil der Suprastruktur ein Kämpchen ist.

- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und ein weiterer Teil der Suprastruktur eine reduzierte Krone ist.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Suprastruktur dreiteilig ist und ein erstes Teil der Suprastruktur ein Abutment ist und ein zweites Teil der Suprastruktur eine teilweise verblendete Krone ist und dass der dritte Teil ein Verneer ist und dass neben der Passung des ersten und zweiten Teils auch eine Passung für das dritte Teil mit dem ersten Teil und/oder mit dem zweiten Teil berechnet wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Suprastruktur (1') mehrere Abutments aufweist, die durch eine gemeinsame Gerüstkonstruktion miteinander verbunden sind.
- 20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufteilungsregeln vom Benutzer variierbar sind.
- 25 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das mit dem Implantat verbundene Teil der Suprastruktur in der endgültigen Größe berechnet wird und dass der mit diesem Teil verbundene weitere Teil der Suprastruktur als provisorische Suprastruktur mit gegenüber den endgültigen Außenabmessungen verringerten Außenabmessungen unter Beibehaltung der Passung berechnet wird.
- 30

- 20 -

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass unter Verwendung desselben Datensatzes der Teil der Suprastruktur in den endgültigen Abmessungen berechnet wird.

Zusammenfassung

Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur zur Verbindung mit einem Implantat

5

10

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Erzeugung einer dentalen Suprastruktur zur Verbindung mit einem Implantat anhand einer digitalen Modellbeschreibung der Form. Dabei erfolgt ein Erfassen einer tatsächlichen klinischen Situation oder einer gestalteten klinischen Situation des Implantats (3; 13) als digitale Daten, eine Analyse dieser Situation und eine Bestimmung der Implantatachse (5; 16), die Berechnung der optimalen Form der Suprastruktur (1, 2) unter Berücksichtigung eines Satzes von Konstruktionsregeln und die Herstellung der Einzelteile mit einer Bearbeitungsmaschine aus mindestens einem Rohling (11) anhand der digitalen Daten.

(Fig. 3)

20

Bezugszeichenliste

	1,1'	Krone
	2,2',2''	Abutment
5	3,3',3''	Implantat
	4,4',4''	Achse
	5,5',5''	Achse
	6	Anschlussgeometrie
	7	Abutmentrand
10	8	Schulter
	9	Stumpf
	11	Rohling
	12	Abutment
	13	Implantat
15	14	Anschlussgeometrie
	15	Bohrung
	16	Mittelachse
	17	Abutmentrand
	18	Schulter
20	19	Stumpf
	20	Achse
	21	Kopf
	22	Okklusalfläche
	23	Zahnfleisch
25	30	Zahnfleischrand

- 23 -

	31	Implantat
	32	Nachbarzahn
	33	Nachbarzahn
	34	Ausgleichsteil
5	35	Vermessungsteil
	36	Messvorrichtung/Intraoral-Kamera
	72', 72''	Konuskrone

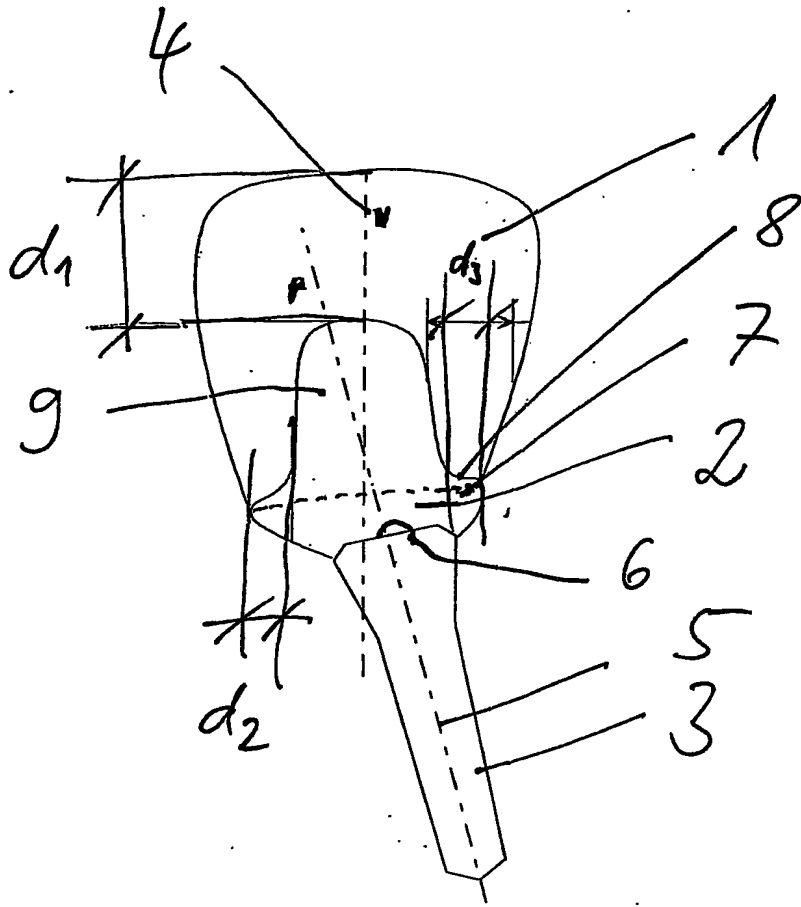


Fig. 1

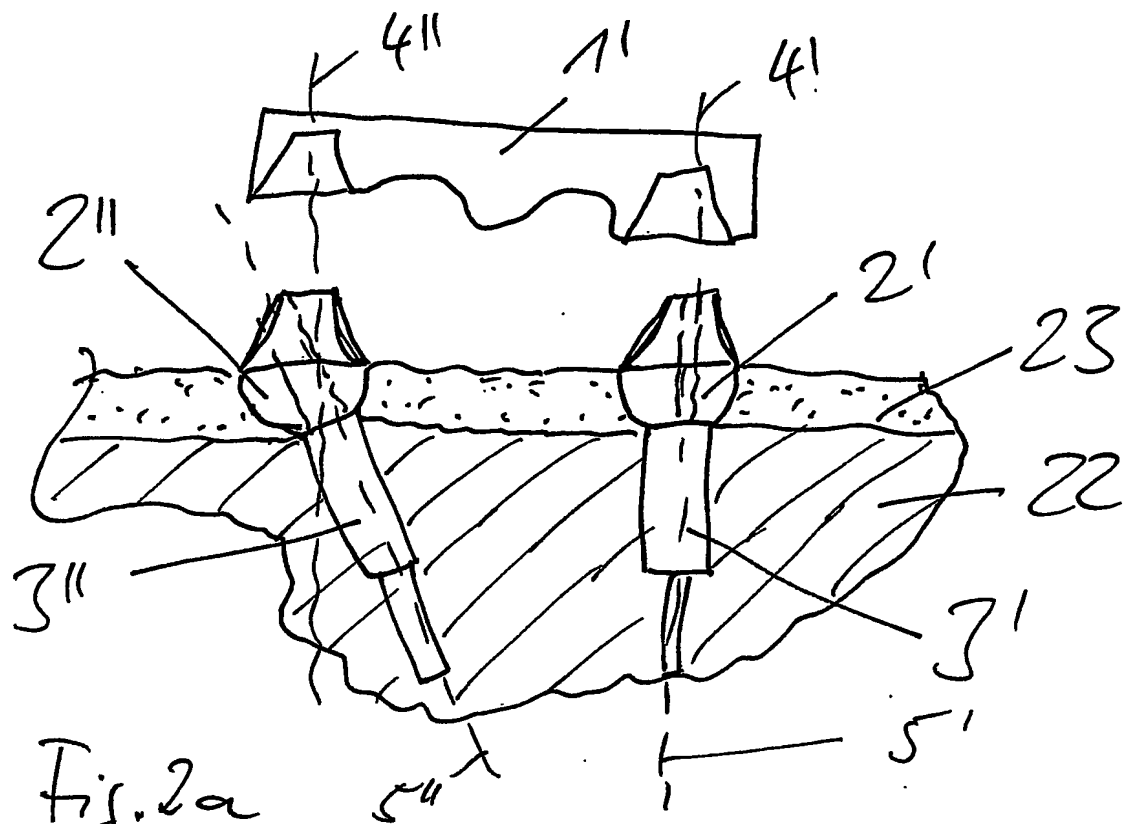


Fig. 2a

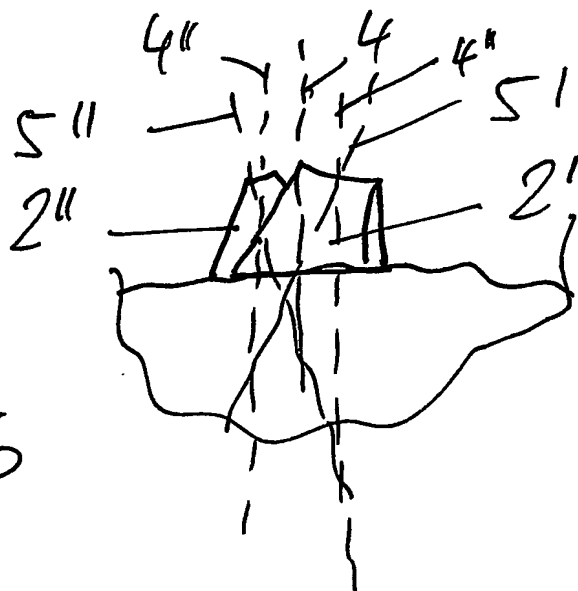


Fig. 2b

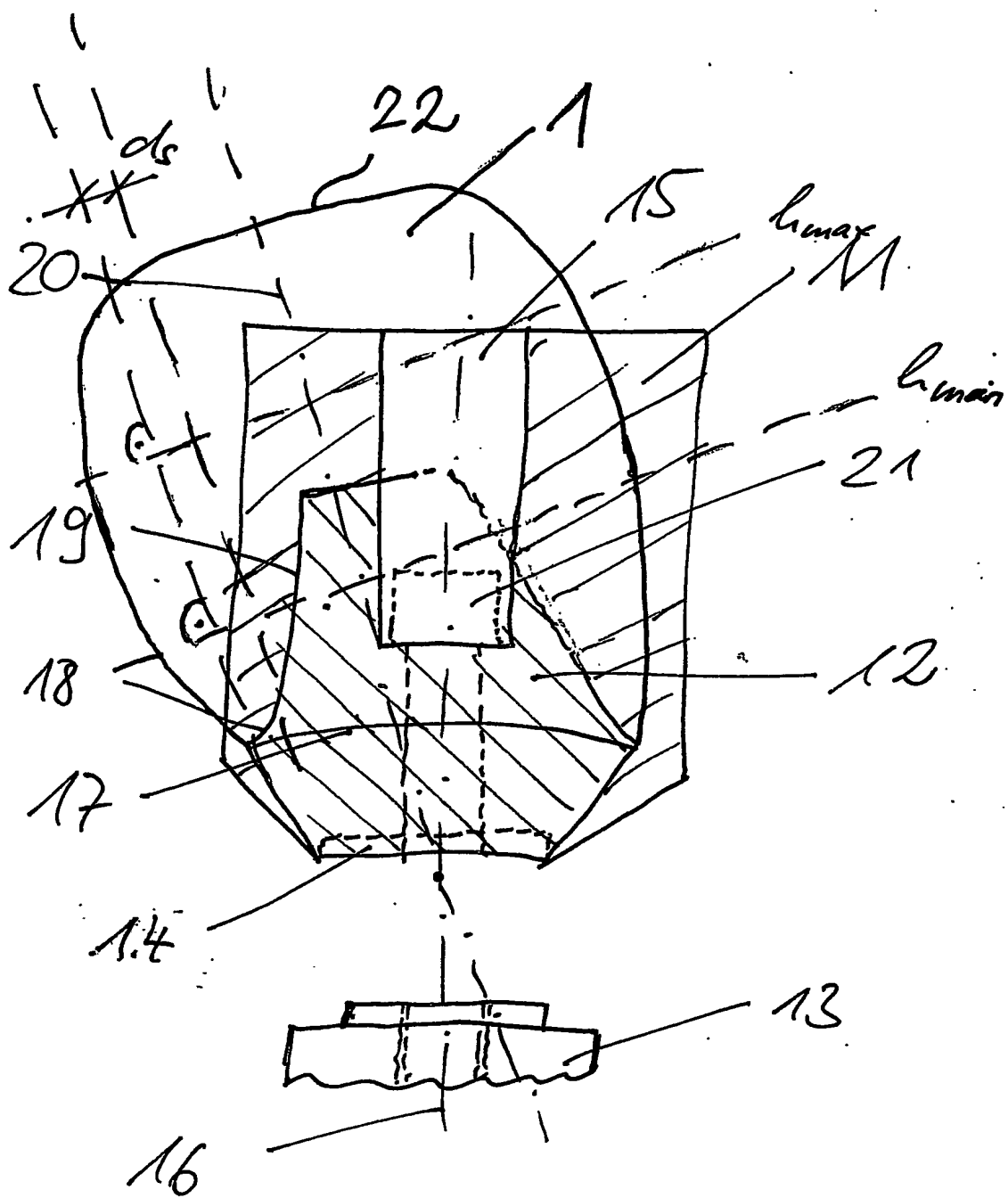


Fig. 3

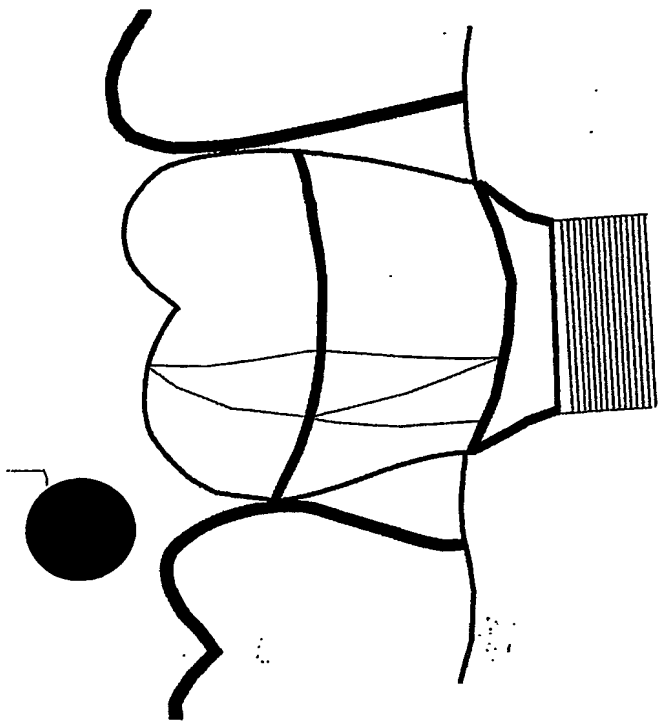


Fig. 5

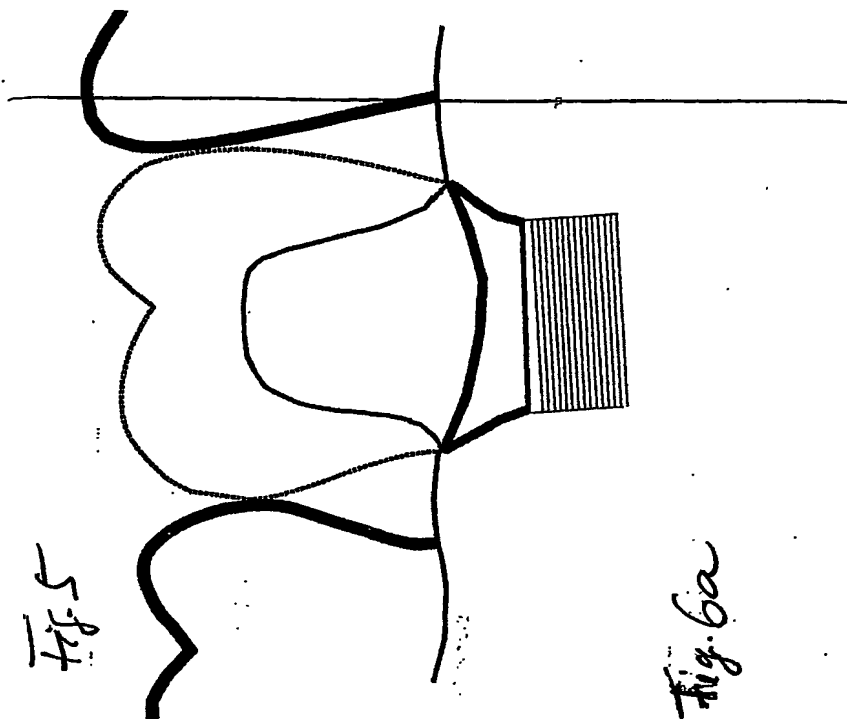


Fig. 6a

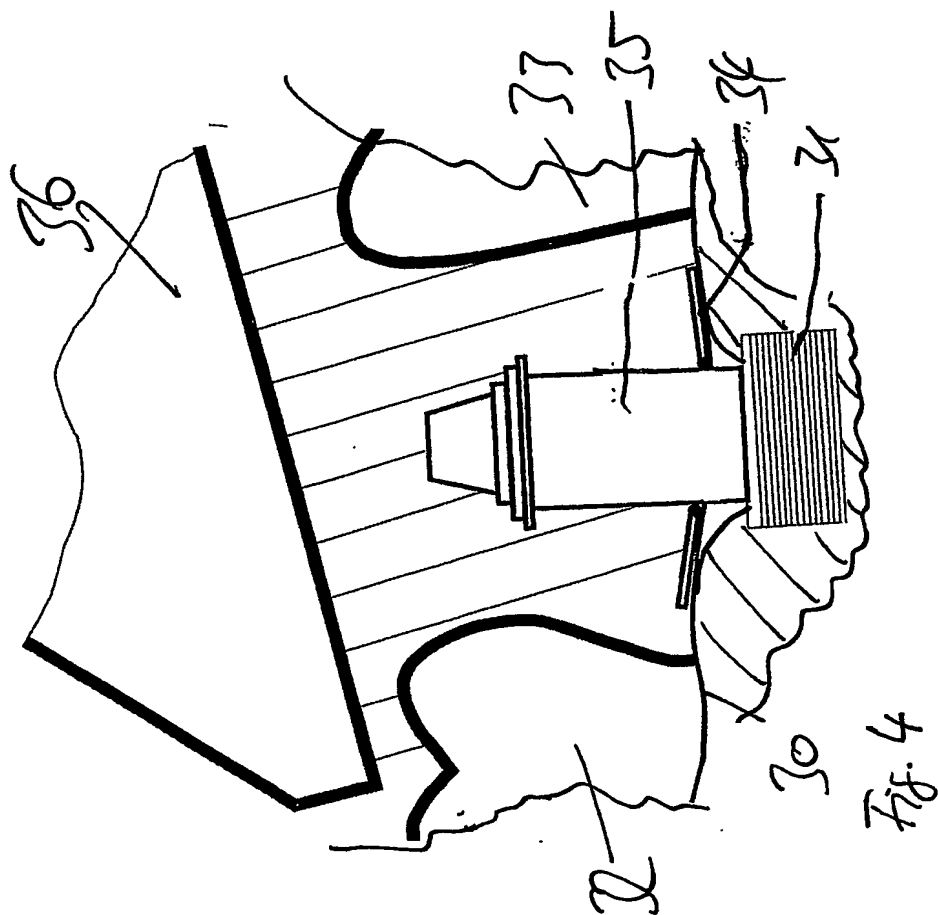


Fig. 4

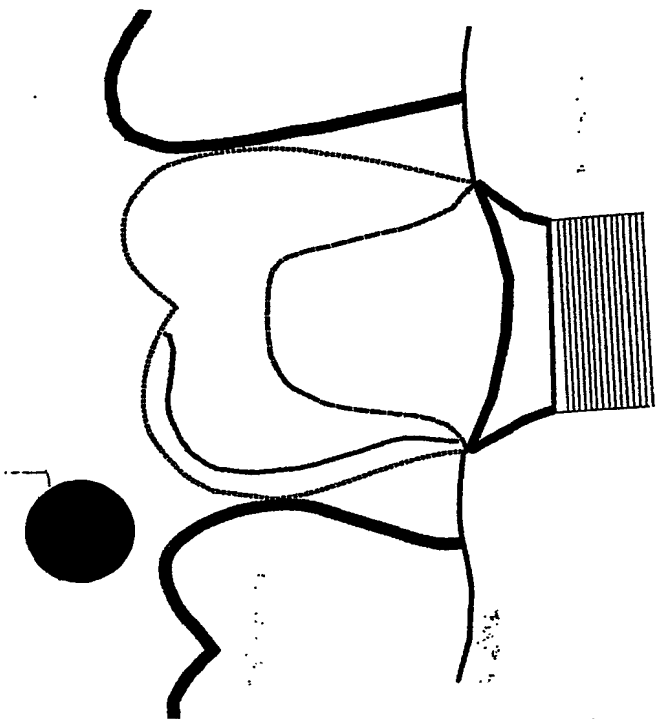


Fig. 60a

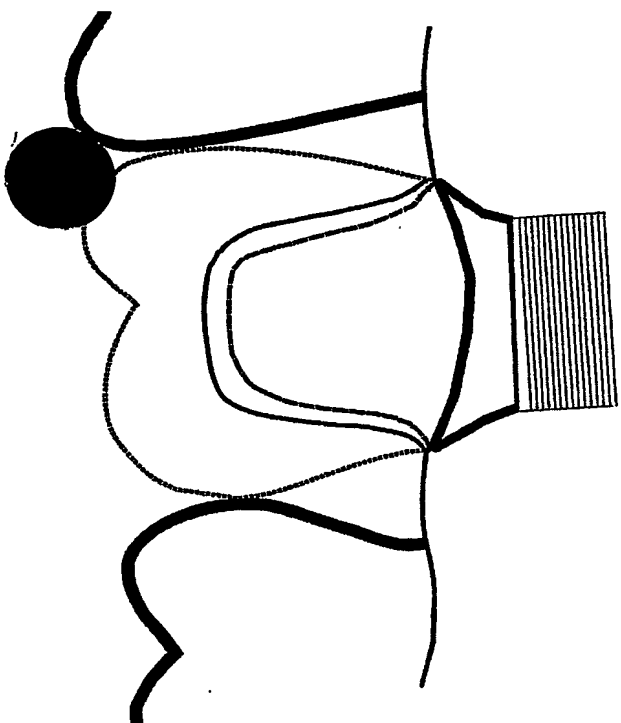


Fig. 60b

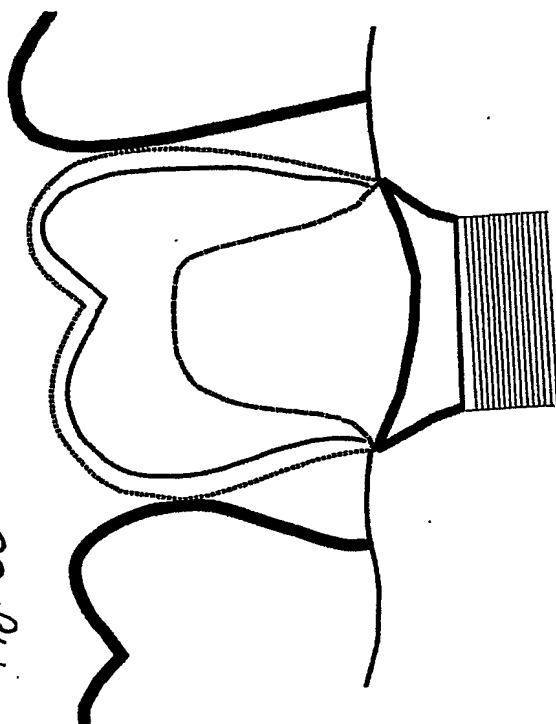


Fig. 60c

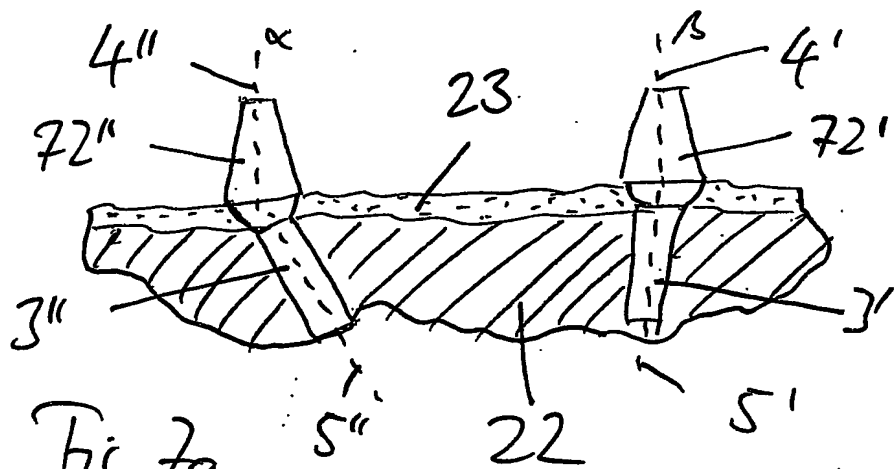


Fig. 7b

